

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 6月27日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-187209

[ST.10/C]:

[JP 2002-187209]

出 願 人

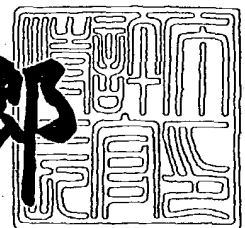
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2003年 3月18日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3017749

【書類名】 特許願

【整理番号】 2022040174

【提出日】 平成14年 6月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/122
G02B 6/13

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 是永 継博

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 日比野 邦男

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波路およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光導波路溝を表面に備えた第 1 のガラス部材と、前記第 1 のガラス部材と同等の屈折率を有する第 2 のガラス部材と、前記第 1、第 2 のガラス部材よりも高屈折率な、ポリシランを含む高分子材料の反応物とからなる光導波路であって、前記光導波路溝のみに前記ポリシランを含む高分子材料の反応物が埋め込まれ、前記第 1 のガラス部材の光導波路溝形成面と前記第 2 のガラス部材が貼り合わされていることを特徴とする光導波路。

【請求項 2】 光導波路溝を表面に備えた第 1 のガラス部材と、前記第 1 のガラス部材と同等の屈折率を有する第 2 のガラス部材と、前記第 1、第 2 のガラス部材と同等の屈折率を有する接着剤と、前記第 1、第 2 のガラス部材よりも高屈折率な、ポリシランを含む高分子材料の反応物とからなる光導波路であって、前記光導波路溝に前記ポリシランを含む高分子材料の反応物が埋め込まれ、前記第 1 のガラス部材の光導波路溝形成面と前記第 2 のガラス部材が前記接着剤を介して貼り合わされていることを特徴とする光導波路。

【請求項 3】 光導波路溝を表面に備えた第 1 のガラス材料と、前記ガラス材料と同等の屈折率を有する第 2 のガラス材料が、前記ガラス材料よりも高屈折率である少なくともポリシランを含む高分子材料の反応物からなる材料によって、貼り合わされた構成であり、前記光導波路溝が前記少なくともポリシランを含む高分子材料の反応物からなる材料で埋め込まれたことを特徴とする光導波路。

【請求項 4】 高分子材料が分岐型ポリシラン化合物とポリシロキサンからなることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の光導波路。

【請求項 5】 製品の光導波路溝に対応する形状を有する金型を、加熱して軟化した第 1 のガラス材料に押しつけて、前記ガラス材料の表面に光導波路溝を形成するガラス成形工程と、前記光導波路溝を埋め込むようにポリシランを含有する樹脂溶液を塗布する工程と、加熱して前記ポリシランを含む高分子材料の加熱反応物を生成する工程と、前記光導波路溝以外の余分な前記ポリシランを含む高分子材料の加熱反応物を研磨により除去する工程と、前記第 1 のガラス部材の光

導波路溝形成面と第2のガラス部材を直接接合する工程とを備えたことを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項6】 製品の光導波路溝に対応する形状を有する金型を、加熱して軟化した第1のガラス材料に押しつけて、前記ガラス材料の表面に光導波路溝を形成するガラス成形工程と、前記光導波路溝を埋め込むようにポリシランを含有する樹脂溶液を塗布する工程と、加熱して前記ポリシランを含む高分子材料の加熱反応物を生成する工程と、前記光導波路溝以外の余分な前記ポリシランを含む高分子材料の加熱反応物を研磨により除去する工程と、前記第1のガラス部材の光導波路溝形成面もしくは第2のガラス部材のいずれかに、前記第1、第2のガラス部材と同等の屈折率を有する接着剤を塗布する工程と、前記第1のガラス部材の光導波路溝形成面と第2のガラス部材を前記接着剤を介して貼り合わせる工程とを備えたことを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項7】 製品の光導波路溝に対応する形状を有する金型を、加熱して軟化した第1のガラス材料に押しつけて、前記ガラス材料の表面に光導波路溝を形成するガラス成形工程と、前記第1のガラス材料の光導波路溝形成面、もしくは第2のガラス材料の表面のいずれかに少なくともポリシランを含む樹脂溶液を塗布する工程と、前記第1のガラス材料の光導波路溝形成面と前記第2のガラス材料とを前記高分子材料を介して密着させた後、加熱しながら加圧し、前記ガラス材料よりも高屈折率である前記高分子材料の加熱反応物を生成し、前記高分子材料の加熱反応物を前記光導波路溝に充填するとともに、前記第1のガラス材料の光導波路溝形成面と前記第2のガラス材料を貼り合わせる工程とを備えたことを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項8】 前記第1のガラス材料の光導波路溝形成面、もしくは第2のガラス材料の表面のいずれかに少なくともポリシランを含む樹脂溶液を塗布した後、前記樹脂溶液の溶媒の沸点以下の温度を開始温度とし、前記樹脂の反応開始温度未満まで昇温し、加熱すること特徴とする請求項第7記載の光導波路の製造方法。

【請求項9】 製品の光導波路溝に対応する形状を有する金型を、加熱して軟化した第1のガラス材料に押しつけて、前記ガラス材料の表面に光導波路溝を形

成するガラス成形工程と、少なくともポリシランを含むフィルムを、前記第1のガラス材料の光導波路溝形成面と前記第1のガラス材料と同等の屈折率を有する第2のガラス材料の間に載置し、前記高分子材料からなるフィルムを加熱しながら加圧し、前記ガラス材料よりも高屈折率である前記高分子材料の加熱反応物を生成するとともに、前記高分子材料の加熱反応物を前記光導波路溝に充填し、前記第1のガラス材料の光導波路溝形成面と前記第2のガラス材料を貼り合わせる工程とを備えたことを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項10】 製品の光導波路溝に対応する金型を、加熱して軟化した第1のガラス材料に押しつけて、前記ガラス材料の表面に光導波路溝を形成するガラス成形工程と、少なくともポリシランを含む液状高分子材料を、前記第1のガラス材料の光導波路溝形成面または前記第1のガラス材料と同等の屈折率を有する第2のガラス材料の表面に塗布した後、前記第1のガラス材料の光導波路溝形成面と前記第2のガラス材料の表面とを減圧下で、貼り合わせた後、加熱しながら加圧し、前記ガラス材料よりも高屈折率である前記高分子材料の加熱反応物を生成するとともに、前記高分子材料の加熱反応物を前記光導波路溝に充填し、前記第1のガラス材料の光導波路溝形成面と前記第2のガラス材料を貼り合わせる工程とを備えたことを特徴とする光導波路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は主として光通信などに用いられる光導波路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

光通信市場の進展に伴い、光学部品には性能とコストとの両立が求められている。特に、それ自身は動作しない受動光部品に対しては、低価格化の要望が高まっている。

【0003】

特に光導波路は非常に微細で正確なパターンを必要とする。とりわけシングルモードの光導波路に関してはパターン精度スペックが厳しい。このようなパター

ンの形成には、一般には半導体プロセスに多用されているドライエッチングが用いられる。以下、光通信のシングルモード光導波路の製造プロセスについて図を参照しながら説明する。

【0004】

図12は、一般的な石英系シングルモード光導波路の平面図（図12（a））、および断面図（図12（b）：図12（a）のA-A断面図）である。コア121はクラッド122よりも屈折率が高いので、特定の条件を満たす光はコアパターン内に閉じこめられて伝達される。コアを図12（a）のようにパターン化することにより光回路を構成できる。波長1.3～1.55 μm 帯においては、コアは、一般には一辺が8 μm 程度の正方形の断面を有する。コア形状、およびコア表面荒さは光の伝搬性能に大きく影響する。

【0005】

図13は、従来の石英系光導波路の一般的な製造方法を示した工程図である（参考文献としては、例えば、河内、オプトロニクス No.8,85,1988）。図示した工程においては、まず、下部クラッド層を兼ねた石英基板132に火炎堆積法によりコア膜131が形成される（図13（a））。なお、石英基板以外の材料の基板を用いる場合には、先に下部クラッド層を火炎堆積法にて形成しておく。次に、フォトリソグラフィおよびドライエッチングを用いることにより、コア膜を所定のパターンにパターニングする（図13（b））。さらに上部クラッド層133を火炎堆積法により形成する（図13（c））。このような方法により、低損失な光導波路が作製されてきた。

【0006】

一方、近年では、光導波路材料として、石英系材料に加えて樹脂も検討されている。現状では、樹脂材料は透過性能および信頼性において石英よりも劣る。しかし、樹脂材料は成形が容易であり、また波長650～850 nm付近においては透過性能も優れており、非常に有望な光導波路材料である。具体的な樹脂材料としては、透明性に優れたポリメチルメタクリレート（PMMA）などが知られているが近年ではアクリル系やエポキシ系、あるいはポリイミド系樹脂材料などをベースとして、重水素化やフッ素化を行うことにより、1.3～1.55 μm

の波長域で低吸収化が図られている。

【0007】

樹脂材料による光導波路の製造は、主にスピコートでコア層およびクラッド層を形成し、コア層のパターニングはドライエッチングを用いる方法が一般的である。

【0008】

以上のように、従来の光導波路の製造においては、石英系材料、樹脂材料とも、20ミクロン以上の厚膜であるクラッドを複数回堆積し、ドライエッチングを用いてコアを凸状にパターニングすることが行われているが、ドライエッチングでは複雑で多くの設備が必要であるため、コスト、生産性において課題を有している。このような事情から、光導波路の製造については、様々な方法が提案されており、典型的なものの一つとして溝充填による光導波路作製がある。

【0009】

溝充填光導波路の一例は特開昭63-139304号公報、特開平8-320420号公報、あるいは特開平11-305055号公報などに記載されている。図14にその製造工程を示す。

【0010】

まず、クラッドを兼ねたガラス、あるいは樹脂からなる基板141に光導波路パターンに対応した溝を形成する(図14(a))。溝の形成方法としてはドライエッチングが一般的である。次に、光導波路溝をコアとするためにクラッドよりも高屈折率な材料142で埋め込む(図14(b))。この際、溝からあふれた余剰材料は除去する(図14(c))。最後にコアの上からクラッド143を形成することで光導波路が完成する(図14(d))。このような方法によれば、図13の方法に比べ、高生産性が期待できる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、図14のような溝充填による光導波路の製造工程を用いても、コア材料として石英系材料を用いた場合や、アクリル系やエポキシ系、あるいはポリイミド系材料を代表とする樹脂材料を用いた場合に対し、依然としてそれぞれ別々

の課題を有する。

【0012】

例えばコア材料が石英系のガラス材料である場合、光導波路溝にコアを充填する方法としては火炎堆積法、CVD、真空蒸着、スパッタなどが代表的である。しかし、これらの場合、シングルモードコアに必要な8ミクロン程度の厚膜、マルチモードでは数十ミクロンもの厚膜を形成する必要がある。このような厚膜を堆積するには工程時間が非常に長くなり生産上不利である。

【0013】

一方、コア材料にアクリル系やエポキシ系、あるいはポリイミド系材料などの樹脂材料を用いた場合では、厚膜堆積についてはスピコートなどで容易に形成することは可能であるが、余剰部分の除去については問題がある。これらの樹脂材料は硬度が低く、研磨をすると表面に細かい傷が発生する。これは導波光の散乱原因となり大きな導波損失となる。他にドライエッチングで余剰部分を除去することは可能であるが、先の理由でコスト上不利となる。

【0014】

このように、石英系材料や、アクリル系やエポキシ系、あるいはポリイミド系材料などの樹脂材料を用いて溝充填による光導波路を作製しても、高生産性と高い性能を両立することができなかった。

【0015】

本発明は、上記従来の課題を解決すべく、高生産性、高性能を満足する光導波路を提供することを目的としている。

【0016】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の第1の光導波路は、光導波路溝を表面に備えた第1のガラス部材と、前記第1のガラス部材と同等の屈折率を有する第2のガラス部材と、前記第1、第2のガラス部材よりも高屈折率な、ポリシランを含む高分子材料の反応物とからなる光導波路であって、前記光導波路溝のみに前記ポリシランを含む高分子材料の反応物が埋め込まれ、前記第1のガラス部材の光導波路溝形成面と前記第2のガラス部材が貼り合わされていることを特徴とす

るものである。

【0017】

さらに本発明の第2の光導波路は、光導波路溝を表面に備えた第1のガラス部材と、前記第1のガラス部材と同等の屈折率を有する第2のガラス部材と、前記第1、第2のガラス部材と同等の屈折率を有する接着剤と、前記第1、第2のガラス部材よりも高屈折率な、ポリシランを含む高分子材料の反応物とからなる光導波路であって、前記光導波路溝に前記ポリシランを含む高分子材料の反応物が埋め込まれ、前記第1のガラス部材の光導波路溝形成面と前記第2のガラス部材が前記接着剤を介して貼り合わされていることを特徴とするものである。

【0018】

さらに、本発明の第3の光導波路は、光導波路溝を表面に備えた第1のガラス材料と、前記ガラス材料と同等の屈折率を有する第2のガラス材料が、前記ガラス材料よりも高屈折率である少なくともポリシランを含む高分子材料の反応物からなる材料によって、貼り合わされた構成であり、前記光導波路溝が前記少なくともポリシランを含む高分子材料の反応物からなる材料で埋め込まれたことを特徴とする光導波路である。

【0019】

これら本発明の第1、第2、第3の光導波路においては高分子材料として分岐型ポリシラン化合物とポリシロキサンを用いれば特に損失が少ない高性能な光導波路が得られる。

【0020】

本発明の第1の光導波路の製造方法は、製品の光導波路溝に対応する形状を有する金型を、加熱して軟化した第1のガラス材料に押しつけて、前記ガラス材料の表面に光導波路溝を形成するガラス成形工程と、前記光導波路溝を埋め込むようにポリシランを含有する樹脂溶液を塗布する工程と、加熱して前記ポリシランを含む高分子材料の加熱反応物を生成する工程と、前記光導波路溝以外の余分な前記ポリシランを含む高分子材料の加熱反応物を研磨により除去する工程と、前記第1のガラス部材の光導波路溝形成面と第2のガラス部材を直接接合する工程とを備えたことを特徴とするものである。

【 0 0 2 1 】

本発明の第2の光導波路の製造方法は、製品の光導波路溝に対応する形状を有する金型を、加熱して軟化した第1のガラス材料に押しつけて、前記ガラス材料の表面に光導波路溝を形成するガラス成形工程と、前記光導波路溝を埋め込むようにポリシランを含有する樹脂溶液を塗布する工程と、加熱して前記ポリシランを含む高分子材料の加熱反応物を生成する工程と、前記光導波路溝以外の余分な前記ポリシランを含む高分子材料の加熱反応物を研磨により除去する工程と、前記第1のガラス部材の光導波路溝形成面もしくは第2のガラス部材のいずれかに、前記第1、第2のガラス部材と同等の屈折率を有する接着剤を塗布する工程と、前記第1のガラス部材の光導波路溝形成面と第2のガラス部材を前記接着剤を介して貼り合わせる工程とを備えたことを特徴とするものである。

【 0 0 2 2 】

本発明の第3の光導波路の製造方法は、製品の光導波路溝に対応する形状を有する金型を、加熱して軟化した第1のガラス材料に押しつけて、前記ガラス材料の表面に光導波路溝を形成するガラス成形工程と、前記第1のガラス材料の光導波路溝形成面、もしくは第2のガラス材料の表面のいずれかに少なくともポリシランを含む樹脂溶液を塗布する工程と、前記第1のガラス材料の光導波路溝形成面と前記第2のガラス材料とを前記高分子材料を介して密着させた後、加熱しながら加圧し、前記ガラス材料よりも高屈折率である前記高分子材料の加熱反応物を生成し、前記高分子材料の加熱反応物を前記光導波路溝に充填するとともに、前記第1のガラス材料の光導波路溝形成面と前記第2のガラス材料を貼り合わせると工程とを備えたことを特徴とする光導波路の製造方法である。

【 0 0 2 3 】

本発明の第4の光導波路の製造方法は、製品の光導波路溝に対応する形状を有する金型を、加熱して軟化した第1のガラス材料に押しつけて、前記ガラス材料の表面に光導波路溝を形成するガラス成形工程と、少なくともポリシランを含むフィルムを、前記第1のガラス材料の光導波路溝形成面と前記第1のガラス材料と同等の屈折率を有する第2のガラス材料の間に載置し、前記高分子材料からなるフィルムを加熱しながら加圧し、前記ガラス材料よりも高屈折率である前記高

分子材料の加熱反応物を生成するとともに、前記高分子材料の加熱反応物を前記光導波路溝に充填し、前記第1のガラス材料の光導波路溝形成面と前記第2のガラス材料を貼り合わせる工程とを備えたことを特徴とする光導波路の製造方法である。

【0024】

本発明の第5の光導波路の製造方法は、製品の光導波路溝に対応する形状を有する金型を、加熱して軟化した第1のガラス材料に押しつけて、前記ガラス材料の表面に光導波路溝を形成するガラス成形工程と、少なくともポリシランを含む液状高分子材料を、前記第1のガラス材料の光導波路溝形成面または前記第1のガラス材料と同等の屈折率を有する第2のガラス材料の表面に塗布した後、前記第1のガラス材料の光導波路溝形成面と前記第2のガラス材料の表面とを、貼り合わせた後、加熱しながら加圧し、前記ガラス材料よりも高屈折率である前記高分子材料の加熱反応物を生成するとともに、前記高分子材料の加熱反応物を前記光導波路溝に充填し、前記第1のガラス材料の光導波路溝形成面と前記第2のガラス材料を貼り合わせる工程とを備えたことを特徴とする光導波路の製造方法である。

【0025】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら、本発明の好ましい形態について説明する。

【0026】

(実施の形態1)

図1は本発明の第1の光導波路の断面構成を示している。光導波路溝が形成されたガラス基板11、同じ材料からなる平滑なガラス基板12、ポリシランを含む高分子材料の反応物13よりなっている。ポリシランを含む高分子材料の反応物13は光導波路溝に埋め込まれており、光を閉じこめるコアとして機能する。コアの寸法は8ミクロン角、コアとクラッドの屈折率差、すなわちガラス基板11、12とポリシランを含む高分子材料の反応物13の比屈折率差は0.25%である。このような光導波路は光通信としてよく用いられる、波長1.3ミクロンおよび1.55ミクロンでシングルモードとなる。

【0027】

高分子材料としては、分岐型ポリシランとポリシロキサン混合物が有効である。分岐型ポリシランとポリシロキサンの混合物は、加熱または紫外線照射により、無機化反応を起こし、その結果、屈折率の低下が起こる。また、ガラス材料ともよく密着する。

【0028】

また、高分子材料の組成（分岐型ポリシランとポリシロキサンの混合比）および加熱条件、紫外線照射条件により反応を制御し、屈折率の調整を行うことができ、高分子材料の反応物とガラス基板11、12との比屈折率差を0.25%に正確に調整することができる。

【0029】

加熱して反応させたものに部分的に紫外線を照射すると、照射された部分だけ屈折率が低下する。この効果を用いて光導波路コア内に所定の屈折率分布を設ければ特定波長を透過、あるいは反射させるフィルタ機能をも付加することもできる。

【0030】

（実施例1）

以下、第1の発明である図1の光導波路を実現する光導波路の製造方法を図2に示す。図3は今回用いたプレス成形装置を示している。

【0031】

図2において、まず(a)のようにガラス基板21に光導波路溝をガラス成形工法を用いて形成した。詳細を図3を用いて説明する。図3のプレス成形装置は上下1対のヒーターブロック31、32を備えている。上部ヒーターブロック31は上下方向に可動であり、下部ヒーターブロック32は固定である。20ミリ角サイズの上型33の成形面にはドライエッチングによって微細加工された凸状の光導波路パターンを備えており、表面にはガラスとの離型および耐食性のために貴金属系の保護膜を備えている。導波路パターンの断面サイズは8ミクロン角である。

【0032】

8ミリ角ガラス基板34（屈折率1.581、軟化点520℃の光学ガラス）を下部ヒーターブロック32上に固定された平面状の下型35の上に設置した。

【0033】

窒素をチャンバー36内に充填し、上型33を固定した上部ヒーターブロック31を下方へ動かし、 50 kg/cm^2 以下の低荷重で成形面をガラス基板34に接するようにした。この状態で上下のヒーターブロック31、32に通電しガラス基板34をガラス基板の軟化点520℃まで加熱して軟化させた。次いで荷重を 400 kg/cm^2 まで増加させ0.2mm変形したところで荷重を止め、ヒーターへの通電を止めて冷却を開始した。取り出した成形ガラス基板の表面及び断面を光学顕微鏡、電子顕微鏡にて観察したところガラス基板全面にわたって、金型の凸パターンが正確に転写された微細パターンの光導波路溝が確認できた。

【0034】

次に図2（b）のように光導波路溝を作製したガラス基板21にスピンのコーティング法により分岐型ポリシランとポリシロキサンを含む樹脂溶液を塗布し、樹脂層22を形成した。なお、本実施例ではスピンのコーティング法を使用したか、ディッピング法、スプレー法、ブレード法などの均一な塗膜を得られる一般的な塗布方法を用いることができる。次いで、樹脂層22を形成したガラス基板21をホットプレート上に載せ、120℃を開始温度とし、200℃まで昇温して予備加熱を行い、溶剤成分を除去した。次に、あらかじめ作成しておいた屈折率と加熱温度の検量線に基づき、350℃まで昇温、加熱して、光導波路コアとして目的の屈折率を有する反応物層を形成した。

【0035】

次に（c）のように研磨により光導波路溝以外の余分な部分を除去した。この反応物は有機物と無機物の中間的な材料であり、通常の樹脂でみられる、研磨による細かい傷は発生せず、非常に平滑な研磨面が得られた。なお、本実施例で用いた分岐型ポリシランとポリシロキサンを含む樹脂溶液は加熱すると体積収縮が起こり、スピンのコーティングでの塗布厚さが薄い場合は、光導波路溝部分が十分に埋まりきらない現象がみられた。その際には、あらかじめ光導波路溝を所定寸

法よりも深くして形成しておき（すなわち図3の上型33の光導波路凸パターンの高さを8ミクロンよりも高くする）、塗布液がより厚みを持って溝に存在する状態で加熱を行うことで、所定寸法深さ以上の厚みを確保し、その後の研磨量を調整することによって所定深さである8ミクロンのコアを得ることができた。

【0036】

最後に、光導波路溝に充填された成形ガラス基板、および平滑なガラス基板それぞれを十分に酸や溶剤で洗浄してから、350℃までそれぞれを加熱して光導波路溝が形成された面で成形ガラス基板と平滑なガラス基板を直接接合して（d）のような光導波路が完成した。

【0037】

このようにして作製した光導波路サンプルの表面及び断面を光学顕微鏡、電子顕微鏡にて観察したところ溝部への充填不十分や接合不良による気泡や異物の生成は観察されなかった。

【0038】

このようにして作製したシングルモード光導波路にシングルモードの石英系光ファイバを接続した場合、波長1.55ミクロンにおける伝搬ロスの測定値は約0.07 dB/cmであり実用上問題ないことが確認された。また、-40℃から80℃の環境温度下で伝搬ロスの変動は全く見られなかった。このことはコア材料として用いた分岐型ポリシランとポリシロキサン反応物と、クラッド材料として用いた光学ガラスは、それぞれの屈折率の温度依存性が同等であることを意味し、光導波路を構成する組み合わせとして非常に優れていることを示している。

【0039】

本実施例では分岐型ポリシランとポリシロキサンを含む高分子材料を加熱により反応させたが、加熱成形の前に紫外線照射した場合にも同様の結果が得られた。

【0040】

（実施の形態2）

図4は本発明の第2の光導波路の断面構成を示している。光導波路溝が形成さ

れたガラス基板41、同じ材料からなる平滑なガラス基板42、ポリシランを含む高分子材料の反応物43、ガラス基板41、42と同等の屈折率を有する接着剤層44よりなっている。ポリシランを含む高分子材料の反応物43は光導波路溝に埋め込まれており、光を閉じこめるコアとして機能する。また、接着剤層44は、ガラス基板41、42とともにクラッドとして機能する。コアの寸法は8ミクロン角、コアとクラッドの比屈折率差は0.25%である。このような光導波路は光通信としてよく用いられる、波長1.3ミクロンおよび1.55ミクロンでシングルモードとなる。

【0041】

高分子材料としては、分岐型ポリシランとポリシロキサンとの混合物が有効である。分岐型ポリシランとポリシロキサンの混合物は、加熱または紫外線照射により、無機化反応を起こし、その結果、屈折率の低下が起こる。また、ガラス材料ともよく密着する。

【0042】

また、高分子材料の組成（分岐型ポリシランとポリシロキサンの混合比）および加熱条件、紫外線照射条件により反応を制御し、屈折率の調整を行うことができる。一方、接着剤層44の材料としては使用波長にて透明であることが必要であり、材料としてはフッ素化したエポキシ系紫外線硬化樹脂や熱硬化接着剤、あるいはコア材料として用いたポリシランを含む高分子材料もガラスを接着する効果を有するため適用することができる。特にポリシランを含む高分子材料を20ミクロン以上の厚みで塗布する際は平滑なガラス基板42が無くても光導波路として十分に機能する。

【0043】

（実施例2）

以下、第2の発明である図4の光導波路を実現する光導波路の製造方法を図5に示す。図5の（a）についてはガラス成形工法を用いて形成した。方法については実施例1と同様であるので省略する。

【0044】

次に図5（b）のように光導波路溝を作製したガラス基板51にスピコート

イング法により分岐型ポリシランとポリシロキサンを含む樹脂溶液を塗布し、樹脂層 5 2 を形成した。次いで、樹脂層 5 2 を形成したガラス基板 5 1 をホットプレート上に載せ、120℃を開始温度とし、200℃まで昇温して予備加熱を行い、溶剤成分を除去した。次に、あらかじめ作成しておいた屈折率と加熱温度の検量線に基づき、350℃まで昇温、加熱して、光導波路コアとして目的の屈折率を有する反応物層を形成した。

【0045】

次に(c)のように研磨により光導波路溝以外の余分な部分を除去した。この反応物は有機物と無機物の中間的な材料であり、通常の樹脂でみられる、研磨による細かい傷は発生せず、非常に平滑な研磨面が得られた。これら(b)、(c)についても実施例1と同じであるので詳細は省略する。

【0046】

次に(d)のように研磨面にスピンコーティング法により紫外線硬化接着剤 5 3 を塗布した。なお、本実施例ではスピンコーティング法を使用した。ディッピング法、スプレー法、ブレード法などの均一な塗膜を得られる一般的な塗布方法を用いることができる。

【0047】

最後に、(e)のように平滑なガラス基板 5 4 を貼り付け紫外線を照射することによって接着剤 5 3 を硬化させて光導波路が完成した。

【0048】

このようにして作製した光導波路サンプルの表面及び断面を光学顕微鏡、電子顕微鏡にて観察したところ溝部への充填不十分や接合不良による気泡や異物の生成は観察されなかった。

【0049】

このようにして作製したシングルモード光導波路にシングルモードの石英系光ファイバを接続した場合、波長 1.55 ミクロンにおける伝搬ロスの測定値は約 0.10 dB/cm であり実用上問題ないことが確認された。

【0050】

本実施例では分岐型ポリシランとポリシロキサンを含む高分子材料を加熱によ

り反応させたが、加熱成形の前に紫外線照射した場合にも同様の結果が得られた。

【0051】

（実施例3）

以下、第2の発明である図4の光導波路を実現する光導波路の製造方法を図6に示す。図6の（a）についてはガラス成形工法を用いて形成した。方法については実施例1と同様であるので省略する。

【0052】

次に図6（b）のように光導波路溝を作製したガラス基板61にスピンコーティング法により分岐型ポリシランとポリシロキサンを含む樹脂溶液を塗布し、樹脂層62を形成した。次いで、樹脂層62を形成したガラス基板61をホットプレート上に載せ、120℃を開始温度とし、200℃まで昇温して予備加熱を行い、溶剤成分を除去した。次に、あらかじめ作成しておいた屈折率と加熱温度の検量線に基づき、350℃まで昇温、加熱して、光導波路コアとして目的の屈折率を有する反応物層を形成した。

【0053】

次に（c）のように研磨により光導波路溝以外の余分な部分を除去した。この反応物は有機物と無機物の中間的な材料であり、通常の樹脂でみられる、研磨による細かい傷は発生せず、非常に平滑な研磨面が得られた。これら（b）、（c）についても実施例1と同じであるので詳細は省略する。

【0054】

次に（d）のように平滑なガラス基板64の表面にスピンコーティング法により分岐型ポリシランとポリシロキサンを含む樹脂溶液を塗布し、樹脂層63を形成した。次いで、樹脂層63を形成したガラス基板64をホットプレート上に載せ、120℃を開始温度とし、200℃まで昇温して予備加熱を行い、溶剤成分を除去した。次に、あらかじめ作成しておいた屈折率と加熱温度の検量線に基づき、355℃まで昇温、加熱して、光導波路クラッドとして目的の屈折率を有する反応物層を形成した。

【0055】

最後に、光導波路溝に充填された成形ガラス基板、および樹脂反応物から形成された樹脂層63を表面に平滑なガラス基板それぞれを十分に酸や溶剤で洗浄してから、350℃までそれぞれを加熱して光導波路溝が形成された面と樹脂反応物から形成された樹脂層63と成形ガラス基板とを直接接合して(e)のような光導波路が完成した。

【0056】

このようにして作製した光導波路サンプルの表面及び断面を光学顕微鏡、電子顕微鏡にて観察したところ溝部への充填不十分や接合不良による気泡や異物の生成は観察されなかった。

【0057】

このようにして作製したシングルモード光導波路にシングルモードの石英系光ファイバを接続した場合、波長1.55ミクロンにおける伝搬ロスの測定値は約0.09dB/cmであり実用上問題ないことが確認された。

【0058】

本実施例では分岐型ポリシランとポリシロキサンを含む高分子材料を加熱により反応させたが、加熱成形の前に紫外線照射した場合にも同様の結果が得られた。

【0059】

(実施の形態3)

図7は本発明の第3の光導波路の断面構成を示している。光導波路溝が形成されたガラス基板71、同じ材料からなる平滑なガラス基板72、ポリシランを含む高分子材料の反応物73よりなっている。ポリシランを含む高分子材料の反応物73は接着層を有しており、光導波路コアの寸法は8ミクロン角、コアとクラッドの屈折率差、すなわちガラス基板71、72とポリシランを含む高分子材料の反応物73の比屈折率差は0.25%である。このような光導波路は光通信としてよく用いられる波長1.3ミクロンおよび1.55ミクロンでシングルモードとなる。

【0060】

高分子材料としては、分岐型ポリシランとポリシロキサンの混合物が有効であ

る。分岐型ポリシランとポリシロキサン混合物は、加熱または紫外線照射により、無機化反応を起こし、その結果、屈折率の低下が起こる。また、ガラス材料との密着性もよく、光導波路溝を有したガラス基板と平滑なガラス基板との接着層となるものである。

【0061】

また、高分子材料の組成（分岐型ポリシランとポリシロキサンの混合比）および加熱条件、紫外線照射条件により反応を制御し、屈折率の制御を行うことができ、高分子材料の反応物とガラス基板71、72との比屈折率差は0.25%を実現できる。

【0062】

（実施例4）

以下、第3の発明である図7の光導波路を実現する光導波路の製造方法を図8に示す。

【0063】

図8において、まず（a）のようにガラス基板81に光導波路溝をガラス成形工法を用いて形成した。方法については実施例1と同様であるので省略する。

【0064】

次に図8（b）のように光導波路溝を作製したガラス基板81にスピンコーティング法によりポリシランを含む樹脂溶液を塗布し、樹脂層83を形成した。なお、本実施例ではスピンコーティング法を使用した。ディッピング法、スプレー法、ブレード法などの均一な塗膜を得られる一般的な塗布法を用いることができる。次いで、樹脂層83を形成したガラス基板81をホットプレート上に載せ、120℃を開始温度とし、200℃まで昇温して予備加熱を行い、溶剤成分を除去した。予備加熱は、樹脂溶液の溶媒の沸点以下の温度を開始温度とし、前記樹脂の反応開始温度未満まで連続的に昇温、加熱することが望ましい。予備加熱を樹脂溶液の溶媒の沸点以上の温度で開始した場合には、樹脂表面にムラが発生する。また、樹脂の反応開始温度以上に加熱すると、次の貼り合わせ工程での不良の発生が起こりやすくなる。つぎに、平滑なガラス基板82を樹脂層83を形成した光導波路溝を持つガラス基板81に貼り合わせた。貼り合わせは、次に図

9に示すように、成形機のヒータブロック32の上に光導波路溝を形成したガラス基板91の上に樹脂層93を形成したガラス基板91、その上に平滑なガラス基板92を置き、空気雰囲気中で、 100 kg/cm^2 の加重まで昇圧しながら、ヒータに通電し、あらかじめ作製しておいた屈折率と加熱温度の検量線に基づき、目的温度 350°C まで、昇温加熱し、光導波路溝形成した成形基板と平滑な基板を貼り合わせるとともに目的の屈折率を持つコアを形成し、光導波路基板を作製した。ガラス基板の表面及び断面を光学顕微鏡、電子顕微鏡にて観察したところ溝部への充填不十分や接着不良による気泡や異物の生成は観察されず、高分子材料の反応物は光導波路溝に充填されていた。

【0065】

このようにして貼り合わせた光導波路サンプルを数カ所、ダイシングで切り出し、断面を電子顕微鏡で観察したところ、ガラス間の高分子材料の反応物層の厚みは約1ミクロンであった。

【0066】

このようにして作製したシングルモード光導波路にシングルモードの石英系光ファイバを接続した場合、波長 1.55ミクロン における伝搬ロスの測定値は約 0.08 dB/cm であり実用上問題ないことが確認された。

【0067】

本実施例では、分岐型ポリシランとポリシロキサンを含む高分子材料を加熱により反応させたが、加熱成形の前に紫外線照射した場合にも同様の結果が得られた。

【0068】

(実施例5)

以下、第3の発明である図7の光導波路を実現する光導波路の製造方法を説明する。

【0069】

実施例1と同様にして、図3のプレス成形装置を用いて、ガラス基板（実施例1で用いたガラスと同材質）に光導波路溝をガラス成形工法を用いて形成した。

【0070】

図10に示すように、光導波路溝を形成したガラス基板101と平滑なガラス基板102（成形ガラスと同材質）の間に、あらかじめ作製した分岐型ポリシランとポリシロキサンを含む高分子材料から成る10ミクロンのフィルム103を載置し、実施例4と同様、空気雰囲気中で、 150 kg/cm^2 の加重まで昇圧しながら、目的温度 350°C まで、昇温、加熱し、光導波路溝を形成したガラス基板と平滑なガラス基板を貼り合わせるとともに目的の屈折率を持つコアを形成し、光導波路基板を作製した。

【0071】

また、ガラス基板の表面及び断面を光学顕微鏡、電子顕微鏡にて観察したところ溝部への充填不十分や接着不良による気泡や異物の生成は観察されず、高分子材料の反応物は光導波路溝に充填されていた。

【0072】

このようにして貼り合わせた光導波路サンプルを数カ所、ダイシングで切り出し、断面を電子顕微鏡で観察したところ、ガラス間の高分子材料の反応物層の厚みは約2ミクロンであった。

【0073】

このようにして作製したシングルモード光導波路にシングルモードの石英系光ファイバを接続した場合、波長 1.55 ミクロンにおける伝搬ロスの測定値は約 0.1 dB/cm であり実用上問題ないことが確認された。

【0074】

（実施例6）

以下、第3の発明である図7の光導波路を実現する光導波路の製造方法を説明する。

【0075】

実施例1と同様にして、図3のプレス成形装置を用いて、ガラス基板（屈折率 1.595 、軟化点 540°C の光学ガラス）に光導波路溝をガラス成形工法を用いて形成した。

【0076】

次に図11に示すように、光導波路溝を成形したガラス基板111の表面に、

分岐型ポリシランとポリシロキサンを含む液状高分子材料 113 を滴下し、その上に、成形ガラス基板と同材質の平滑なガラス基板 112 を置き、真空ポンプで減圧されたチャンバ内で、 1 kg/cm^2 の加重で押しつけた。その後、空気を導入し、 50 kg/cm^2 の加重まで昇圧しながら、目的温度 300°C まで、昇温、加熱し、光導波路溝を形成したガラス基板と平滑なガラス基板を貼り合わせるとともに目的の屈折率を持つコアを形成し、光導波路基板を作製した。

【0077】

また、ガラス基板の表面及び断面を光学顕微鏡、電子顕微鏡にて観察したところ溝部への充填不十分や接着不良による気泡や異物の生成は観察されず、高分子材料の反応物は光導波路溝に充填されていた。

【0078】

このようにして貼り合わせた光導波路サンプルを数カ所、ダイシングで切り出し、断面を電子顕微鏡で観察したところ、ガラス間の高分子材料の反応物層の厚みは約 $0.8\text{ }\mu\text{m}$ であった。

【0079】

このようにして作製したシングルモード光導波路にシングルモードの石英系光ファイバを接続した場合、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における伝搬ロスの測定値は約 0.13 dB/cm であり実用上問題ないことが確認された。

【0080】

なお、本発明はシングルモード光導波路について最も有効であるが、マルチモード導波路についても適用できることを付け加えておく。

【0081】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の光導波路はガラス基板に光導波路溝を形成し、これにポリシランを含む高分子材料の反応物を充填してコアとする構成であり、実用性能、経済性、生産性を兼ね備えており、非常に有用である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

実施の形態 1 における本発明の光導波路の断面図

【図 2】

実施例 1 における本発明の光導波路の製造工程を示す図

【図 3】

実施例 1 ～ 5 にて光導波路の製造に用いたプレス成形機の構成を示す図

【図 4】

実施の形態 2 における本発明の光導波路の断面図

【図 5】

実施例 2 における本発明の光導波路の製造工程を示す図

【図 6】

実施例 3 における本発明の光導波路の製造工程を示す図

【図 7】

実施の形態 3 における本発明の光導波路の断面図

【図 8】

実施例 4 における光導波路の製造工程を示す図

【図 9】

実施例 4 における光導波路の製造の貼り合わせ工程を示す図

【図 1 0】

実施例 5 における光導波路の製造の貼り合わせ工程を示す図

【図 1 1】

実施例 6 における光導波路の製造の貼り合わせ工程を示す図

【図 1 2】

(a) 一般的なシングルモード光導波路の平面図

(b) 一般的なシングルモード光導波路の断面図

【図 1 3】

従来の一般的な光導波路の製造方法を示す工程図

【図 1 4】

従来の溝充填による光導波路の製造方法を示す工程図

【符号の説明】

1 1, 4 1, 5 1, 6 1, 7 1, 8 1, 9 1, 1 0 1, 1 1 1 光導波路溝が

形成されたガラス基板

12, 23, 42, 54, 64, 72, 82, 92, 102, 112 平滑な
ガラス基板

13, 43, 73 ポリシランを含む高分子材料の反応物

21 ガラス基板

22, 52, 62, 63, 83, 93 樹脂層

31 上部ヒーターブロック

32 下部ヒーターブロック

33 上型

34 ガラス基板

35 下型

36 チャンバー

44 接着剤層

53 接着剤

103 フィルム

113 液状高分子材料

121 コア

122, 143 クラッド

131 コア膜

132 石英基板

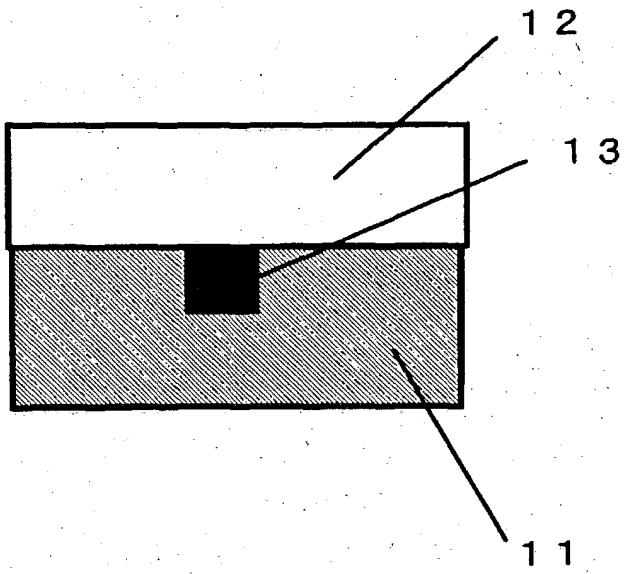
133 上部クラッド層

141 基板

142 高屈折率材料

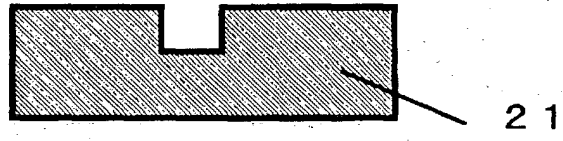
【書類名】 図面

【図 1】

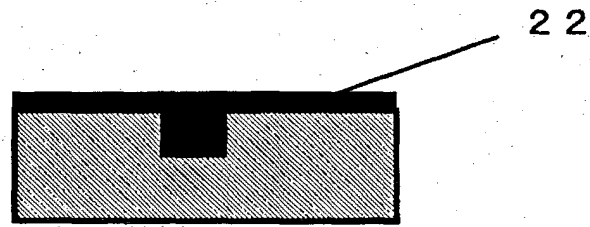


【図2】

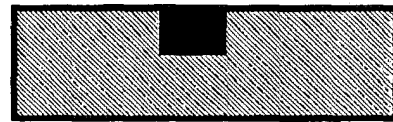
(a)



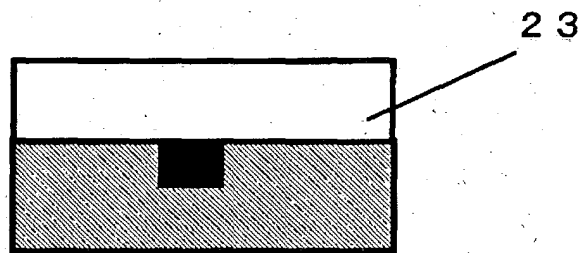
(b)



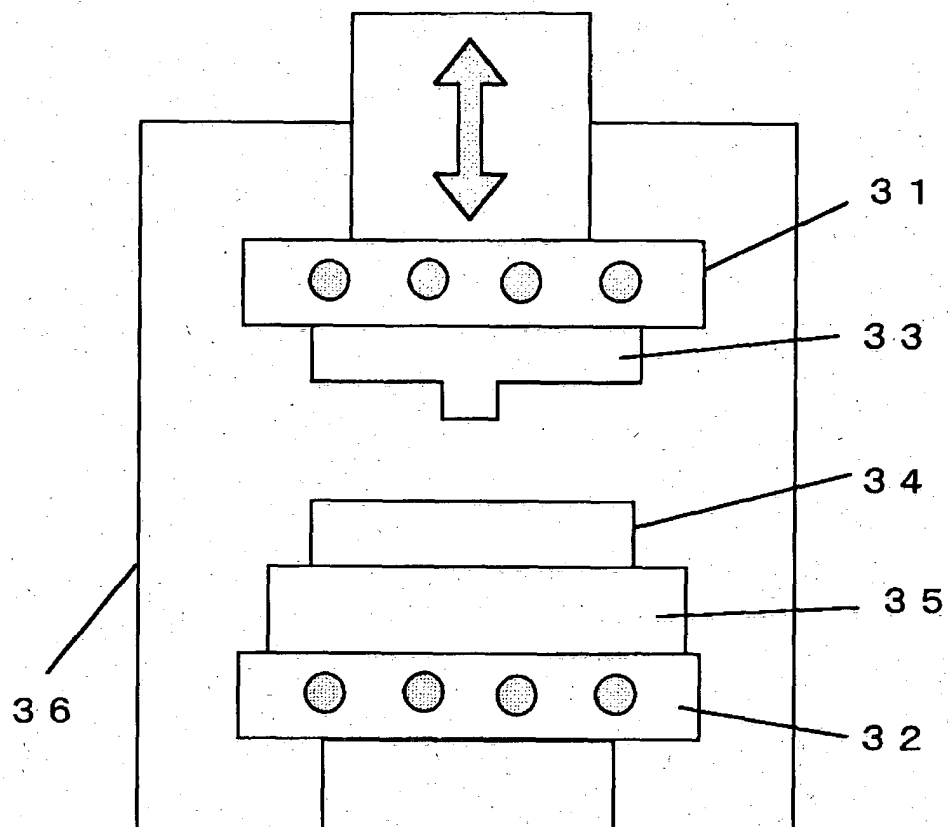
(c)



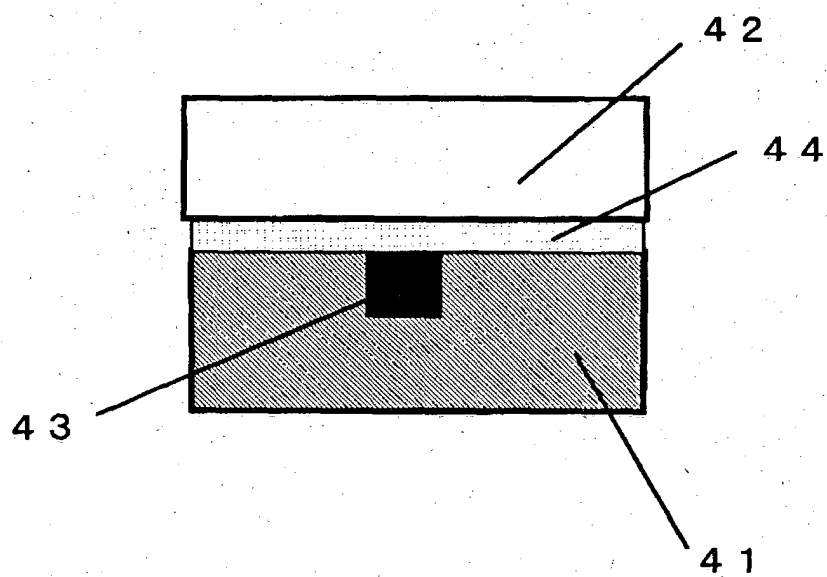
(d)



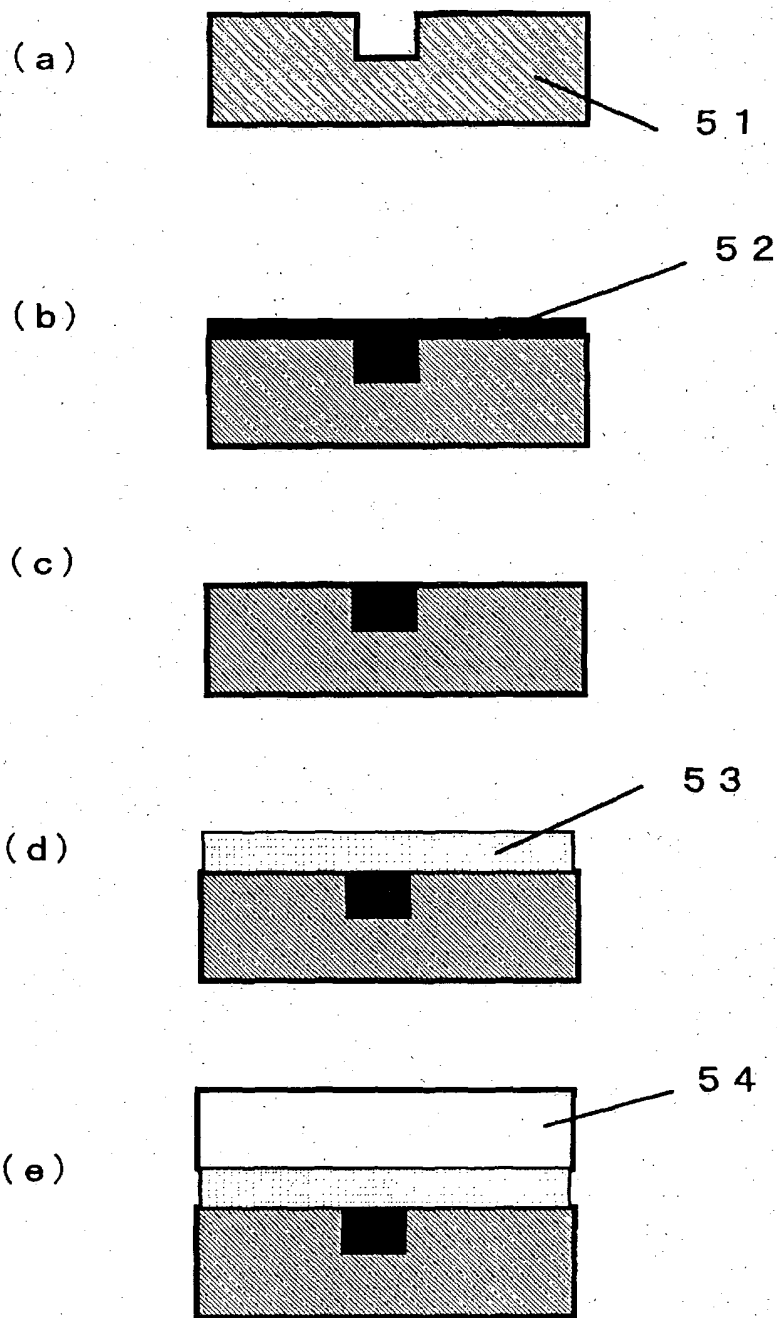
【図3】



【図4】

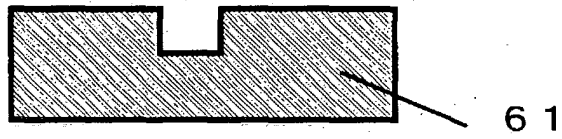


【図5】

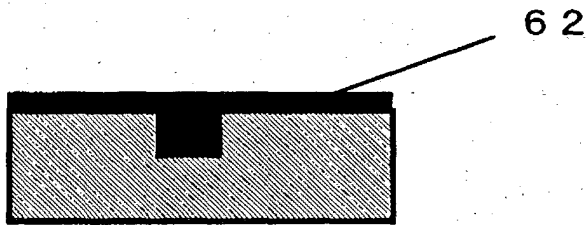


【図6】

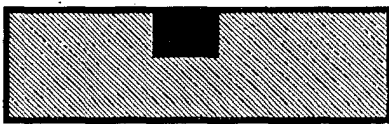
(a)



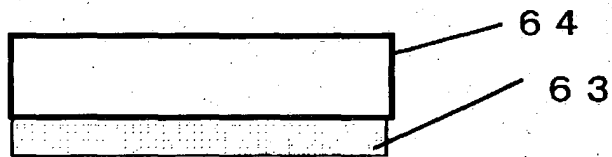
(b)



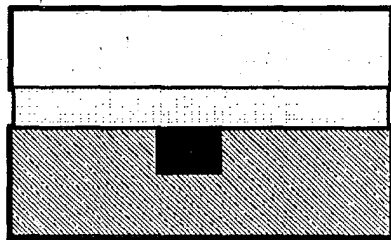
(c)



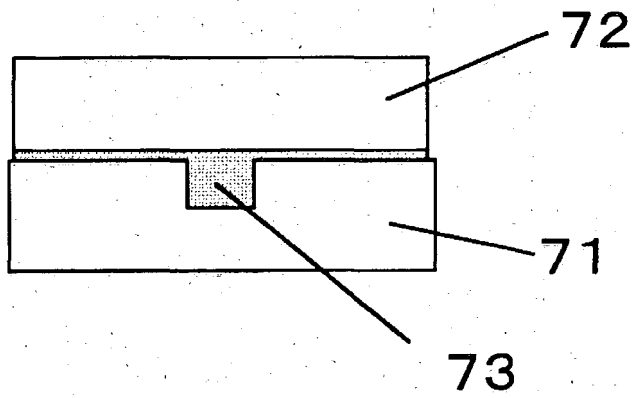
(d)



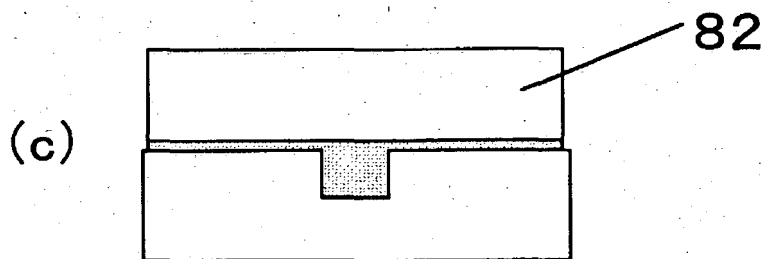
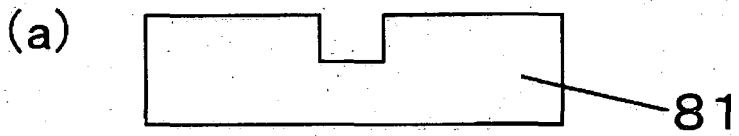
(e)



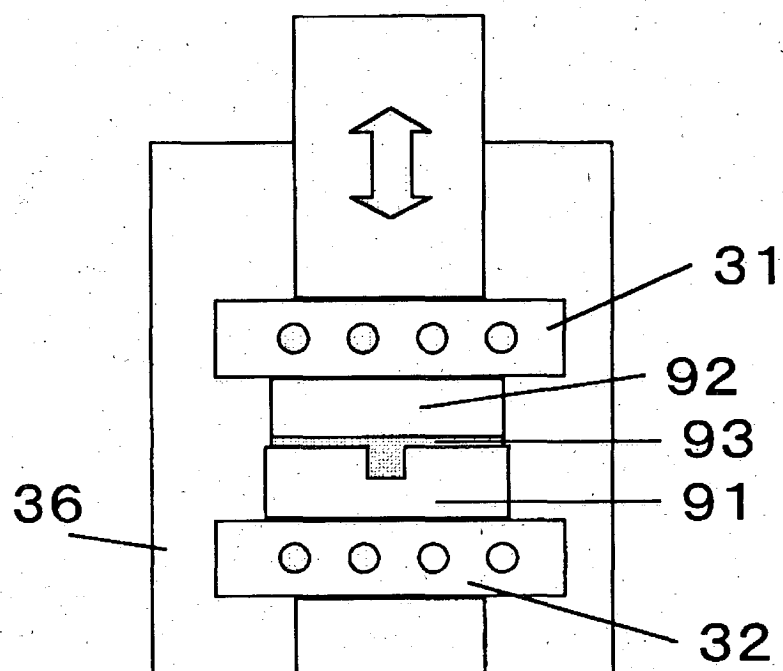
【図 7】



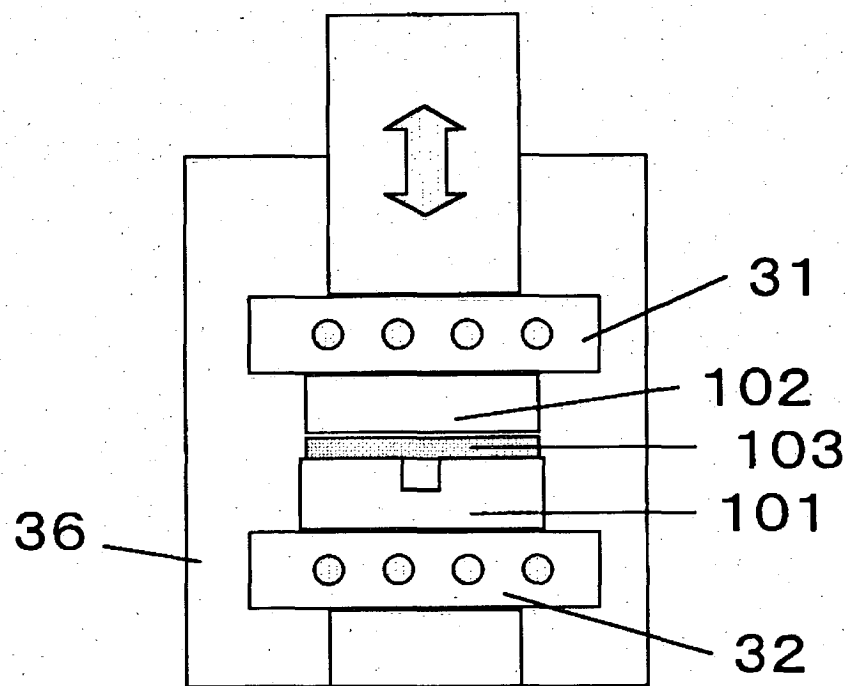
【図 8】



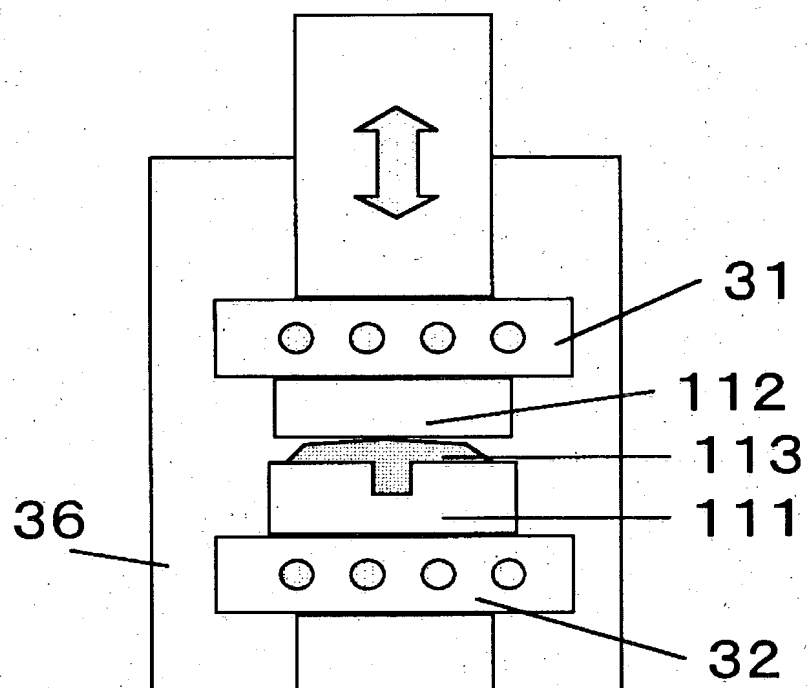
【図9】



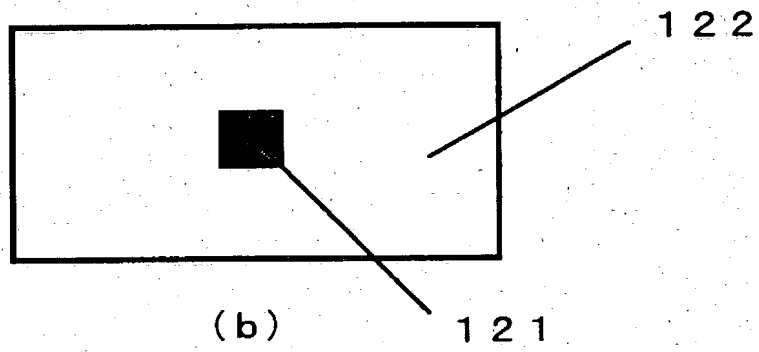
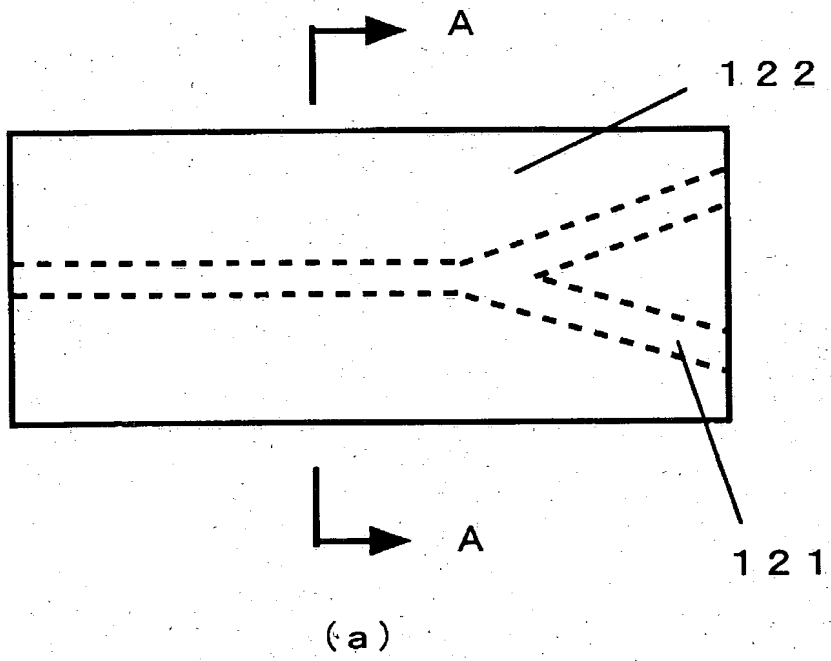
【図10】



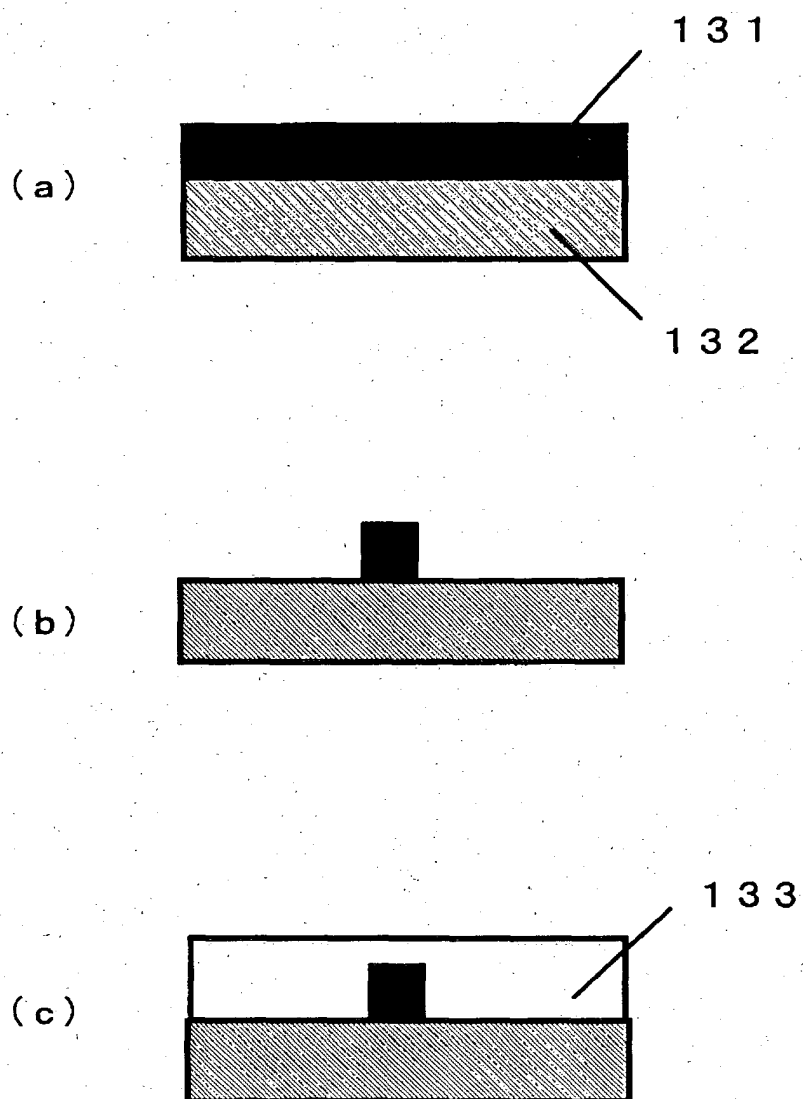
【図 11】



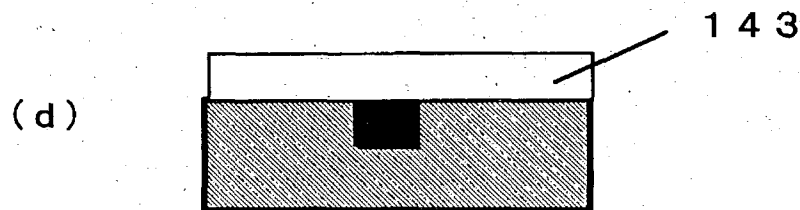
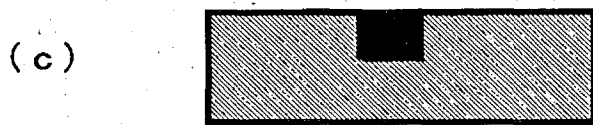
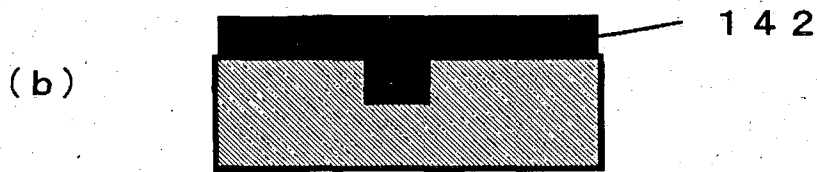
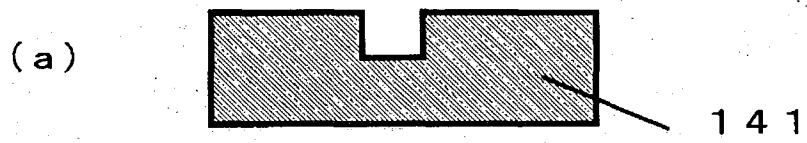
【図 1 2】



【図13】



【図14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 現状、光導波路は複数回の薄膜積層と半導体プロセスによるコアパターンニングが行われており非常に高コストである。光通信の普及には経済性と性能を兼ね備えた新しい光導波路構成、製造方法が不可欠であった。

【解決手段】 ガラス基板に溝状の光導波路パターンを形成してこれにポリシランを含む高分子材料の反応物を充填してコアとし、光導波路溝形成面に平滑なガラス基板を直接接合することで非常に有用な光導波路を提供する。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真1006番地

氏 名 松下電器産業株式会社